



TITLE:

DYNAMIC ANALYSIS AND MODELING OF  
AC/AC POWER CONVERTERS FOR  
APPLICATIONS TO SMART-GRID  
SOLUTIONS( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Alexandros, Kordonis

---

CITATION:

Alexandros, Kordonis. DYNAMIC ANALYSIS AND MODELING OF AC/AC POWER CONVERTERS FOR APPLICATIONS TO SMART-GRID SOLUTIONS. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18989>

RIGHT:

許諾条件により本文は2016/03/01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	ALEXANDROS KORDONIS (アレクサンドロス コルドニス)
論文題目	DYNAMIC ANALYSIS AND MODELING OF AC/AC POWER CONVERTERS FOR APPLICATIONS TO SMART-GRID SOLUTIONS（スマートグリッドへの適用のための AC/AC パワーコンバータの動的解析とモデル化）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>Power electronics field is adapting rapidly to the needs of the new era of power systems which include smart-grid applications, renewable resources and so on. This dissertation looks at the potential and the advantages of AC/AC converters for the future power systems through dynamical analysis, simulations, experiments, and prototype applications, with applying nonlinear techniques in order to explain the benefits of operating in the edge of stability. The dissertation consists of 6 chapters.</p> <p>Chapter 1 gives a small introduction about the main ideas that are going to be analyzed in this dissertation, those are AC/AC conversion, nonlinear dynamics, and power routers. Power router is a prototype device which can distribute on-demand power from the desired source to the desired load. By this way, we can achieve maximum operation of the renewable resources, constant power supply of the critical loads, and control localisation.</p> <p>In the following Chapter 2, the fundamentals of a 1-phase buck type AC/AC converter are analyzed. An open-loop control is confirmed both in simulations and experiments. One key factor of the converter operation is the switching frequency and one of the most important issues covered in this chapter would be the advantage of high switching frequency. More specifically, operating in higher switching frequency makes the passive components be smaller in size. In addition, the harmonics tend to have smaller amplitudes so that it is easier to attenuate them. Moreover, during transient response the higher the switching frequency is the faster the decay time becomes and also there exist smaller in amplitude overshoots.</p> <p>Closed-loop feedback control is considered in Chapter 3 by deriving a discrete time iterative map. The novelty lies on the applications of nonlinear dynamics through this model and the results cover a whole range of new operation regimes, which include period doubling operation and chaotic oscillations besides the conventional steady state. By this way, the switching harmonics are not gathering into high peaks as in the conventional steady state but instead, they are distributed into a wider area with smaller amplitudes (as the electromagnetic regulations also recommend). As a result, their elimination is an easy task. It will be shown that even during the chaotic operation the fundamental harmonic is maintained and it is the main responsible one for the power flow. The performance improvement of the converter operation is discussed again with simulated and experimental approach.</p> <p>Three phase power systems are widespread and quite well established in the real world of power</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	ALEXANDROS KORDONIS (アレクサンドロス コルドニス)
<p>systems. Therefore, it becomes a strong motivation to continue the research with a 3-phase AC/AC converter in Chapter 4. A matrix converter is chosen because it is quite a new converter but it is very promising for the actual realisation since it is a very compact device, with low harmonic content, without DC link since the direct topology is used. Some fundamental control modulations are presented in the beginning and of course a dynamic model of it, too. The experimental and simulation results have good agreement and show the advantages of its operation. Efficiency can be increased if the resonances, proven through the dynamic model, are exploited. Transient behavior is also tested showing how the converter can respond to sudden scenarios such as voltage sags and frequency changes. Some drawbacks are also presented such as the inability of the control to reach the ideal voltage ratio limits. Finally, the switching frequency has undesired effect on the efficiency since as the former is increasing the latter one is decreasing. These topics are left for future research since the final scope of this work is to present a possible application of the matrix converter.</p> <p>Chapter 5 presents this application mentioned above. It is the combination of a matrix converter with a power router attached to its output. Different switching scenarios are tested and the experimental results show good agreement with the simulation ones. The purpose of this application is to show that there is great potential in the smart on-demand power supply by switching on and off the equivalent power sources according to the power the loads require.</p> <p>Chapter 6 concludes this dissertation by summarizing the major points and achievements but also highlighting the future work and obstacles that should generate the motivation for further research.</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、スマートグリッドにおいて変圧器に替えて適用する AC/AC コンバータについて、高速・高周波スイッチング可能な SiC パワーデバイスを適用することを前提に、その動特性の解析を行うと共にモデル化を行った結果、高いスイッチング周波数の適用により、小型化と応答特性の改善、スイッチングノイズの非線形振動を用いた抑制、マトリクス構造による多相化の実現、そしてスマートグリッド適用のため電力ルータとの併用による機能拡張を、理論、数値計算、実験により検討した一連の結果をまとめたものである。本論文により得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1) 開ループ単相バックコンバータ型 AC/AC 変換回路に関して、シミュレーションと実験により動作を検討し、その動作特性を決める要因が双方向スイッチのスイッチング周波数であることを明らかにし、スイッチング周波数が高い程過渡状態の終息が速いことを示した。
- (2) 閉ループ単相バックコンバータ型 AC/AC コンバータの動作モデルを離散写像により導き、その非線形方程式の解析により周期倍分岐からカオスに至る振動現象が現れることを明らかにすると同時に、実験的に確認した。また、この非線形性によりスイッチング時のノイズスペクトルを広い周波数領域に拡散させることができ、コンバータ出力の基本波成分を維持したまま、ノイズレベルを低減できることを明らかにした。
- (3) 三相マトリクスコンバータ型 AC/AC コンバータを検討し、その詳細な動作モデルを導き、実験およびシミュレーションよりそのモデルの妥当性を示した。力学モデルを用いた解析により共振時に効率が低下することを確認し、スイッチング周波数と効率の関係を明らかにした。
- (4) 三相 AC/AC コンバータと電力ルータを接続したシステムを提案し、その有効性を数値計算により解析すると共に模擬実験において検証し、スマートグリッドにおいて電力ルータのための変成器としての機能を付与できる可能性を示した。

上記のように本論文は、AC/AC コンバータに高速・高周波スイッチングが可能なスイッチ素子を適用することにより、スマートグリッドへの導入により有効な機能および特性が付与できることを明らかにしたものであり、極めて独創的な成果である。

本論文は、スマートグリッドにおいて変圧器に替えて適用する AC/AC コンバータについて、高速・高周波スイッチング可能な SiC パワーデバイスを適用することを前提に、その動特性の解析を行うと共にモデル化を行ったもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 26 年 12 月 22 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降